

2025年度

## C<sub>b</sub> 化学問題

### 注意

1. 試験開始の指示があるまでこの問題冊子を開いてはいけません。
2. 解答用紙はすべて黒鉛筆または黒のシャープペンシルで記入することになっています。黒鉛筆・消しゴムを忘れた人は監督に申し出てください。  
(万年筆・ボールペン・サインペンなどを使用してはいけません。)
3. この問題冊子は8ページまでとなっています。試験開始後、ただちにページ数を確認してください。なお、問題番号はⅠ～Ⅲとなっています。
4. 解答用紙にはすでに受験番号が記入されていますので、出席票の受験番号が、あなたの受験票の番号であるかどうかを確認し、出席票の氏名欄に氏名のみを記入してください。なお、出席票は切り離さないでください。
5. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入し、その他の部分には何も書いてはいけません。
6. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、傷つけたりしないように注意してください。
7. 計算には、この問題冊子の余白部分を使ってください。
8. この問題冊子は持ち帰ってください。

#### マーク・センス法についての注意

マーク・センス法とは、鉛筆でマークした部分を機械が直接よみとって採点する方法です。

1. マークは、下記の記入例のように黒鉛筆で枠の中をぬり残さず濃くぬりつぶしてください。
2. 1つのマーク欄には1つしかマークしてはいけません。
3. 訂正する場合は消しゴムでよく消し、消しきずはきれいに取り除いてください。

マーク記入例：

A	1	2	3	4	5
	○	○	●	○	○

 (3と解答する場合)

問題を解くにあたって、必要ならば次の値を用いよ。

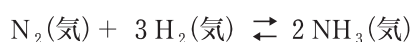
気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

原子量：H=1.0, C=12, O=16, Fe=56

I. 次の文を読み、下記の設問1～5に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

窒素と水素からアンモニアを合成する反応は発熱反応であり、以下の化学反応式で表される。



窒素 3.0 mol と水素 10.0 mol を 20.0 L の空の容器に入れ、触媒を加えて温度を 300 K に保つと、アンモニア 4.0 mol が生成して平衡状態に達した。温度を 300 K より高くして同様の実験を行うと、温度が 300 K のときと比べて、反応開始時における上記の化学反応式の正反応の反応速度 ( $\text{NH}_3$  の生成速度) は (ア), 平衡状態での  $\text{NH}_3$  の割合は (イ)。温度を 300 K に保ったまま、容器を 20.0 L よりも大きくして同様の実験を行うと、20.0 L の容器を用いたときと比べて、反応開始時における上記の化学反応式の正反応の反応速度 ( $\text{NH}_3$  の生成速度) は (ウ), 平衡状態での  $\text{NH}_3$  の割合は (エ)。このような温度変化や圧力変化に対する、平衡状態の変化に関する原理を (オ) の原理という。

1. 文中の空所(ア)～(エ)それぞれにあてはまるもっとも適切な語句を、それぞれ a～c から 1つ選び、その記号をマークせよ。

(ア) a. 上がり            b. 変わらず            c. 下がり

(イ) a. 大きくなった    b. 変わらなかった    c. 小さくなった

(ウ) a. 上がり            b. 変わらず            c. 下がり

(エ) a. 大きくなった    b. 変わらなかった    c. 小さくなった

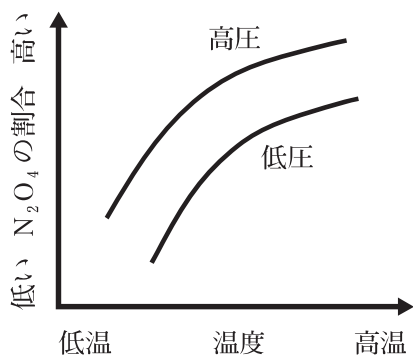
2. 文中の空所(オ)にあてはまるもっとも適切な語句をしるせ。

3. 温度が 300 K のときの濃度平衡定数  $K_c$  と圧平衡定数  $K_p$  をそれぞれ求め、その値を有効数字 2 桁で単位とともにしるせ。

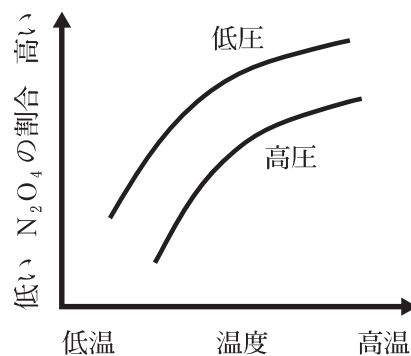
4. 触媒のはたらきの特徴について、「反応速度」、「平衡」の2語を用いて2行以内でしるせ。

5. 正反応が発熱反応である  $2\text{NO}_2(\text{気}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{気})$  が平衡状態にあるとき、温度および圧力と  $\text{N}_2\text{O}_4$  の割合との関係を示したグラフの概形としてもっとも適当なものを、a～dから1つ選び、その記号をマークせよ。

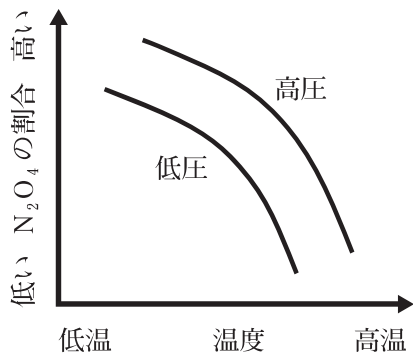
a.



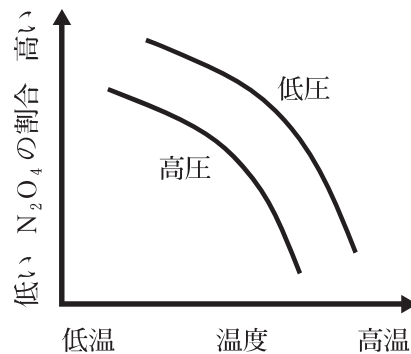
b.



c.



d.



II. 次の文を読み、下記の設問 1～6 に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

近年、カーボンニュートラルの実現に向けた研究が盛んに取り組まれている。これは、地球温暖化の原因となる二酸化炭素などの温室効果ガスを対象とし、その排出量と吸収量を釣り合わせることで、地球温暖化を食い止めようというものである。

二酸化炭素の代表的な排出源として鉄の製造過程が挙げられる。単体の鉄は、高炉に鉄鉱石やコークス等を加え、鉄鉱石を一酸化炭素で還元してつくる。この際、多量の二酸化炭素が排出される。

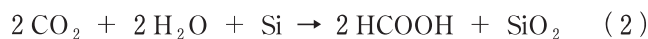


化学工業の発展に伴い二酸化炭素の排出量が増大してきたことは事実だが、二酸化炭素を単に排出するのではなく再利用する化学プロセスも存在する。例えば、ある炭酸ナトリウムの工業的製法の工程の中には、以下の①および②のように進行する反応が含まれている。②の際に生じる二酸化炭素は①で再利用される。

①塩化ナトリウムの飽和水溶液にアンモニアを吸収させてから二酸化炭素を吹き込み、沈殿を得る。

②上記①で得られる沈殿を焼き、炭酸ナトリウムを得る。

最近では、二酸化炭素を有用な有機化合物へと変換する試みも進められている。例えば、ケイ素を還元剤として二酸化炭素からギ酸を得る反応が知られている。



この反応で生成したギ酸は金属触媒の存在下で分解できる。



こうして得られた水素は燃料電池等に利用できる。さらに、水素と共に発生する二酸化炭素を回収することで、二酸化炭素のさらなる有効活用が可能となる。

1. 鉄に関する次の a～e の記述のうち、正しいものを 1 つ選び、その記号をマークせよ。
  - a. 鉄は 7 族に属する元素である。
  - b. 鉄の単体は濃硝酸によく溶ける。
  - c.  $\text{Fe}^{2+}$  を含む水溶液にチオシアン酸カリウム水溶液を加えると血赤色沈殿を生じる。
  - d.  $\text{Fe}^{3+}$  を含む水溶液にヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム水溶液を加えると濃青色沈殿を生じる。
  - e.  $\text{Fe}^{2+}$  を含む水溶液に酸性条件下で硫化水素水を加えると黒色沈殿を生じる。

2. 3.2 kg の酸化鉄(Ⅲ)を式(1)に従って還元した時に生成する鉄と二酸化炭素の質量 [kg] をそれぞれ求め、その値を有効数字 2 桁でしるせ。
  
3. 下線部 1) の炭酸ナトリウムの工業的製法の名称をしるせ。
  
4. 文中の①および②の化学反応式をしるせ。
  
5. 文中の①に関して、先にアンモニアを吸収させてから二酸化炭素を吹き込む理由を 2 行以内でしるせ。
  
6. 下線部 2) に関して、30.8 kg の二酸化炭素から式(2)に従ってギ酸を得て、これから式(3)に従って水素を得て、水素のみを燃料とする燃料電池に利用した際に得られる電気量 [C] を求め、その値を有効数字 2 桁でしるせ。一連の反応はすべて完全に進行するものとする。

Ⅲ. 次の文を読み、下記の設問 1～5 に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

化合物 A, B, C, D, E はいずれも炭素、水素、酸素からなる芳香族化合物であり、ヒドロキシ基をもつ。また、A, B, C, D, E は互いに構造異性体の関係にある。

図に示す実験装置を用いて、A の元素分析を次の手順で行った。酸化剤として酸化銅(Ⅱ)を用いて、乾燥酸素のもとで A を完全燃焼させた。A の完全燃焼により生成した気体を塩化カルシウム管、次いでソーダ石灰管の順に通じた<sup>1)</sup>。塩化カルシウム管とソーダ石灰管の質量の増加を精密に測定することで、42.7 mg の A の完全燃焼により 123.2 mg の二酸化炭素と 31.5 mg の水が生成したことがわかった。この結果から、A の組成式を決定できる。なお、A の分子量は 200 以下であることがわかっている。

この部分は著作権の関係により掲載できません。

A および B はいずれもベンゼンの二置換体である。A のベンゼン環の水素原子のうち 1 つを臭素原子で置き換えた化合物は 2 種類存在する。A に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、紫色の呈色が見られた。B を過マンガン酸カリウム水溶液で酸化すると、ジカルボン酸である化合物 F が生成した。F を加熱すると、分子内での脱水反応が起こり、化合物 G が生成した。

C および D はいずれもベンゼンの一置換体である。C を硫酸酸性二クロム酸カリウム水溶液で穏やかに酸化すると、化合物 H が生成した。H をアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて穏やかに加熱すると、銀が析出した。D を硫酸酸性二クロム酸カリウム水溶液で穏やかに酸化すると、化合物 I が生成した。D および I にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると、いずれにおいても特有の臭気をもつ黄色沈殿が生成した。D は分子内での脱水反応により化合物 J を与えた。J を付加重合させると、高分子化合物 K が生成した。<sup>2)</sup>

E はベンゼンの三置換体である。E には ( ア ) 種類の構造が考えられる。

1. 文中の下線部 1) について、塩化カルシウム管とソーダ石灰管の順番を入れ替えて実験を行った場合、元素分析において問題点が生じる。その内容と理由について、それぞれの管で起こる現象に着目して、5 行以内でしるせ。

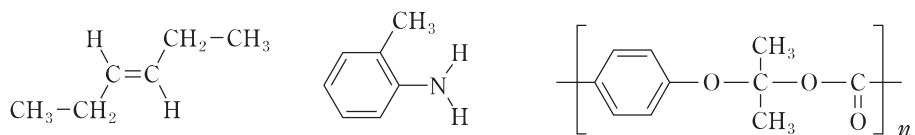
2. Aの分子式をしるせ。

3. A, B, G, H, I, Kの構造式をそれぞれしるせ。ただし、構造式は例にならってしるせ。

4. 文中の下線部2)の化学反応式をしるせ。ただし、化学反応式中の有機化合物は例にならって構造式としてしるせ。

5. 文中の空所(ア)にあてはまるもっとも適当な数字をしるせ。

(例)



【以下余白】

